

Zeitschrift: Entomo Helvetica : entomologische Zeitschrift der Schweiz
Herausgeber: Schweizerische Entomologische Gesellschaft
Band: 17 (2024)

Artikel: Präimaginalstadien von Schmetterlingen (Lepidoptera) mittels UV-Licht suchen
Autor: Dušej, Goran / Theobald, Jennifer / Kasiske, Toni
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1062406>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 07.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Präimaginalstadien von Schmetterlingen (Lepidoptera) mittels UV-Licht suchen

GORAN DUŠEJ¹, JENNIFER THEOBALD² & TONI KASISKE³

¹ Swiss Butterfly Conservation, Käsereistrasse 18, 8919 Rottenschwil; goran.dusej@bluewin.ch

² Arbeitsgruppe für Tierökologie und Planung GmbH,
Johann-Strauss-Strasse 22, 70794 Filderstadt, Deutschland

³ Thünen-Institut für Biodiversität, Bundesallee 65, 38116 Braunschweig, Deutschland

Abstract: The search for pre-imaginal stages of butterflies and moths (Lepidoptera) using UV light. – The search for pre-imaginal stages using UV light is a new, innovative method that has not yet attracted much attention, at least not in Europe. It is nevertheless a technique that has much potential for answering certain questions. We were able to demonstrate that the use of UV light can be a fast, reliable method for the detection of chrysalises and caterpillars of species that are biofluorescent. This is the case, for example, for certain species important for nature conservation, such as the Woodland Brown, *Lopinga achine* (Scopoli, 1763), or species whose chrysalises are rarely found, such as the Lesser purple emperor, *Apatura ilia* ([Dennis & Schiffermüller], 1775).

Zusammenfassung: Die Suche nach Präimaginalstadien mittels UV-Licht ist eine neue, innovative Methode, die bisher, zumindest in Europa, noch wenig Beachtung findet. Sie hat jedoch ein sehr grosses Potenzial für gewisse Fragestellungen das «Mittel der Wahl» zu werden. Wir konnten aufzeigen, dass das Auffinden von Puppen oder Raupen einiger Arten, welche die Fähigkeit zur Biofluoreszenz aufweisen, zuverlässig und schnell erfolgen kann. Besonders erwähnenswert sind dabei unter anderem naturschutzrelevante Arten, wie zum Beispiel der Gelbringfalter *Lopinga achine* (Scopoli, 1763) oder Arten, deren Puppen man nur selten findet, etwa der Kleine Schillerfalter *Apatura ilia* ([Dennis & Schiffermüller], 1775).

Résumé: Recherche des stades préimaginaux de papillons (Lepidoptera) au moyen de lumière UV. – La recherche de stades préimaginaux à l'aide de lumière UV est une méthode nouvelle et innovante qui n'a pas encore suscité beaucoup d'intérêt, du moins en Europe. C'est pourtant une technique avec un grand potentiel pour répondre à certaines questions. Nous avons pu montrer que la détection de chrysalides ou de chenilles d'espèces présentant une capacité de biofluorescence peut être fiable et rapide. C'est le cas par exemple d'espèces importantes en conservation de la nature, comme la Bacchante *Lopinga achine* (Scopoli, 1763), ou d'espèces dont on ne trouve que rarement les chrysalides, comme le Petit Mars changeant *Apatura ilia* ([Dennis & Schiffermüller], 1775).

Riassunto: Ricerca degli stadi preimmaginali delle farfalle (Lepidoptera) mediante luce UV. – La ricerca degli stadi preimmaginali mediante la luce ultravioletta (UV) è un metodo nuovo e innovativo che finora ha ricevuto poca attenzione, almeno in Europa. Tuttavia, si tratta di una tecnica con una grande potenzialità per rispondere a determinate domande. Siamo riusciti a dimostrare che l'individuazione di crisalidi o bruchi di alcune specie con capacità di biofluorescenza può essere affidabile e rapida. Questo è il caso, ad esempio, per alcune specie importanti per la conservazione della natura, come *Lopinga achine* (Scopoli, 1763), oppure per altre specie le cui crisalidi si trovano raramente, come *Apatura ilia* ([Dennis & Schiffermüller], 1775).

Keywords: Insect, ecology, nocturnal survey, ultraviolet light, immature stage

EINLEITUNG

Die Suche nach Eiern, Raupen und Puppen von Schmetterlingen kann sehr aufwendig sein. Von vielen Arten ist die ökologische Nische in Bezug auf Präimaginalstadien gar nicht oder nur sehr rudimentär bekannt. Erschwerend kommt hinzu, dass die Raupen vieler Arten nur nachts aktiv sind und die Suche im Taschenlampenlicht sehr anstrengend sein kann, zumal viele Raupen durch ihre Färbung recht gut getarnt sind. Diesem Umstand Rechnung tragend haben sich die Autoren überlegt, ob es nicht alternative Lichtquellen gäbe, welche die Auffindbarkeit von nachtaktiven Raupen und Präimaginalstadien bei Dunkelheit erhöhen würden.

Dass zum Beispiel die Skorpione im UV-Licht förmlich zu «leuchten» beginnen, ist ja schon seit Längerem bekannt und wurde von verschiedenen Autoren bereits seit den 50-iger-Jahren beschrieben, unter anderem Pavan (1954), Lawrence (1954), Baggini & Pavan (1955), Stahnke (1972) sowie Stachel (1999). So war es naheliegend, diese Lichtquelle auch für die nächtliche Raupensuche auszuprobieren. Bereits die ersten Versuche mit eher schwachen und kleinen LED-UV-Taschenlampen zeigten, dass die Raupen einiger Arten unter UV-Licht deutlich heller als die dunkle Umgebung erschienen und dadurch gut auffindbar waren.

Das Phänomen, dass gewisse Arten unter UV-Licht leuchten, bezeichnet man als Fluoreszenz, bzw. als Biofluoreszenz. Dabei werden Elektronen durch Zufuhr von Energie, in unserem Fall durch das für uns Menschen unsichtbare UV-Licht, auf ein höheres Energielevel gehoben und emittieren sichtbares Licht (Photonen), wenn sie dieses wieder verlassen (Campbell & Dwek 1984).

Lebewesen, welche fluoreszieren, heben sich deutlich von der nicht oder weniger stark respektive in einer in anderen Farben fluoreszierenden Umgebung ab. Durch den hohen Farbkontrast sind sie für das menschliche Auge rasch und besser wahrnehmbar. Ob und welche Präimaginalstadien von Schmetterlingen die Fähigkeit zur Fluoreszenz besitzen, wurde bisher im europäischen Raum nur wenig oder gar nicht erforscht. Die einzigen uns bekannten Untersuchungen stammen von Tilley et al. (2023) sowie Tilley & Steward (2023) und beziehen sich in erster Linie auf Zipfelfalter. Ein paar Beispiele fluoreszierender Schmetterlingsarten in Finnland listet Moskowitz (2023). Aus den USA dagegen gibt es einige Untersuchungen zum Thema, welche bisher aber offenbar nur wenig Beachtung fanden, respektive einem breiten Publikum eher unbekannt sind (Moskowitz 2017, 2018, 2021, Woller et al. 2022). Mit dieser Publikation möchten wir einige unserer Erfahrungen und Erkenntnisse aus den vergangenen Jahren einem breiteren Publikum vorstellen.

MATERIAL UND METHODE

Auf dem heutigen Markt ist eine Fülle von UV-Leuchtmitteln erhältlich, darunter auch handliche Taschenlampen mit unterschiedlichen Wellenlängen und Stärken. Die Angaben der Hersteller in Bezug auf technische Daten sind oft nicht vollständig oder ungenau. Mangels Erfahrung starteten wir unsere ersten Versuche im Jahre 2019 mit eher kleinen Taschenlampen, welche mit 11 bis 51 LEDs bestückt waren



Abb. 1. Raupe des Rotschwanzes *Calliteara pudibunda* (Linnaeus, 1758) unter UV-Licht (395 nm). (Foto Toni Kasiske)

und laut Angaben in einem Spektrum von 395 nm leuchteten. Mit der Zeit verwendeten wir stärkere UV-Lampen (100/120 LEDs) oder aber auch solche, bei denen das UV-Spektrum bei 365 nm lag. Bei den meisten Suchaktionen trugen wir UV-Schutzbrillen, um die Augen vor allfällig ungewollter (Direkt-) Einstrahlung zu schützen. Die Schutzbrillen filtern das UV-Licht und da sie auch polarisierend wirken, werden Reflexionen geringer und die fluoreszierenden Objekte heben sich dadurch deutlicher von der Umgebung ab.

Die Suche nach Präimaginalstadien fand in verschiedenen Lebensräumen in der Schweiz und in Deutschland zu unterschiedlichen Jahreszeiten statt. In den meisten Exkursionen ging es in erster Linie darum festzustellen, ob und welche Eier, Raupen oder Puppen sich unter UV-Licht finden lassen. Die Suche startete meist kurz nach dem Eindunkeln und dauerte je nach Gelände jeweils mehrere Stunden an. Es wurden sowohl offene Flächen (Wiesen) als auch Lebensräume in Wäldern, resp. an Waldrändern abgesucht. Dabei wurden auch Sträucher und Bäume abgeleuchtet. Die Identifikation von Präimaginalstadien in höheren Bäumen erfolgte mit einem Fernglas. Kleinere oder weit entfernte Objekte konnten dadurch nicht immer bestimmt werden, konnten jedoch meistens als Raupe oder Puppe erkannt und zumindest einer Gruppe oder Familie zugeordnet werden.

Um abzuschätzen, ob und wie stark sich die Suche nach Raupen unter UV-Licht im Vergleich zu herkömmlichem Licht unterscheidet, führten wir am 8. Oktober 2022 ein kleines Feldexperiment durch, mit folgender Versuchsanordnung: In einer Halbmagerwiese bei Erlinsbach (Kanton Aargau) wurden vier 50 m lange und 2.5 m breite Transekte während 15 Minuten von drei Personen sowohl mit einer UV-Taschenlampe (395 nm) und UV-Schutzbrille als auch mit einer herkömmlichen Taschenlampe abgesucht. Je zwei Transekte lagen in gemähten und in ungemähten Bereichen der Wiese

(winterliche Wechselbrachen). Das Absuchen begann kurz nach dem Eindunkeln (20.15 Uhr) und dauerte bis ca. 23.00 Uhr. Jeder Transekt wurde insgesamt sechs Mal abgesucht: drei Mal mit UV-Licht und drei Mal mit herkömmlichem Licht. Notiert wurde jeweils die Anzahl der gefundenen Raupen. Die Bestimmung erfolgte nur auf Familien, resp. auf Gattungsniveau, da es nicht primär um Artnachweise ging, sondern um die Feststellung wie viele Raupen mit der jeweiligen Lichtquelle gefunden werden konnten.

ERGEBNISSE

Obwohl bei Weitem nicht alle Eier, Raupen oder Puppen unter UV-Licht fluoreszieren, waren wir doch überrascht, wie stark gewisse Arten oder sogar Artengruppen schon aus grosser Distanz (bis über 15 m) deutlich sichtbar in Erscheinung traten. Ein gutes Beispiel hierzu ist die Raupe des Rotschwanzes *Calliteara pudibunda* (Linnaeus, 1758). Hier fluoreszieren sowohl die Haare/Haarbüschel als auch der grösste Teil der Segmente (Chitin) (Abb. 1).

Bei einigen Arten fluoreszierten nur gewisse Körperteile, z.B. die Kopfkapsel der Raupen oder einzelne Zeichnungselemente. Beim Zimtbär *Phragmatobia fuliginosa* (Linnaeus, 1758) stellten wir zudem fest, dass je nach Häutungs- oder Färbungszustand die Fähigkeit zur Fluoreszenz vorhanden, resp. nicht vorhanden war (Abb. 2).

Einige Beispiele von besonders gut fluoreszierenden Präimaginalstadien verschiedener Arten seien hier näher erläutert. Die Auflistung ist bei Weitem nicht vollständig, soll jedoch einen kleinen Überblick über bisherige Erkenntnisse liefern.

Ritterfalter (Papilionidae)

Hierzu liegen uns nur sehr wenige Beobachtungen vor. Beim Schwalbenschwanz *Papilio machaon* Linnaeus, 1758 konnten sowohl sehr stark als auch eher schwach fluoreszierende Raupen gefunden werden. Die Puppen fluoreszierten recht gut und waren dadurch gut in einer auch etwas dichteren Vegetation, z. B. in Buntbrachen auffindbar. Deutlich fluoreszierten zum Beispiel auch die Eier des Hochalpen-Apollo *Parnassius sacerdos* Stichel, 1906.

Weisslinge (Pieridae)

Bisher gefundene Raupen des Grossen Kohlweisslings *Pieris brassicae* (Linnaeus, 1758), des Kleinen Kohlweisslings *Pieris rapae* (Linnaeus, 1758) und des Grünader-Weisslings *Pieris napi* (Linnaeus, 1758) fluoreszieren praktisch gar nicht. Die Puppen des Zitronenfalters *Gonepteryx rhamni* (Linnaeus, 1758) oder des Aurorafalters *Anthocharis cardamines* (Linnaeus, 1758) dagegen sind unter UV-Licht deutlich wahrnehmbar.

Edelfalter (Nymphalidae)

Beim Grossen Schillerfalter *Apatura iris* (Linnaeus, 1758) sowie beim Kleinen Schillerfalter *Apatura ilia* ([Dennis & Schiffermüller], 1775) fluoreszieren sowohl Puppen/Puppenhüllen (Abb. 3) als auch ältere Raupenstadien (Abb. 4). Dadurch lassen sich Puppenruhestätten finden, welche man ansonsten wohl übersehen hätte.

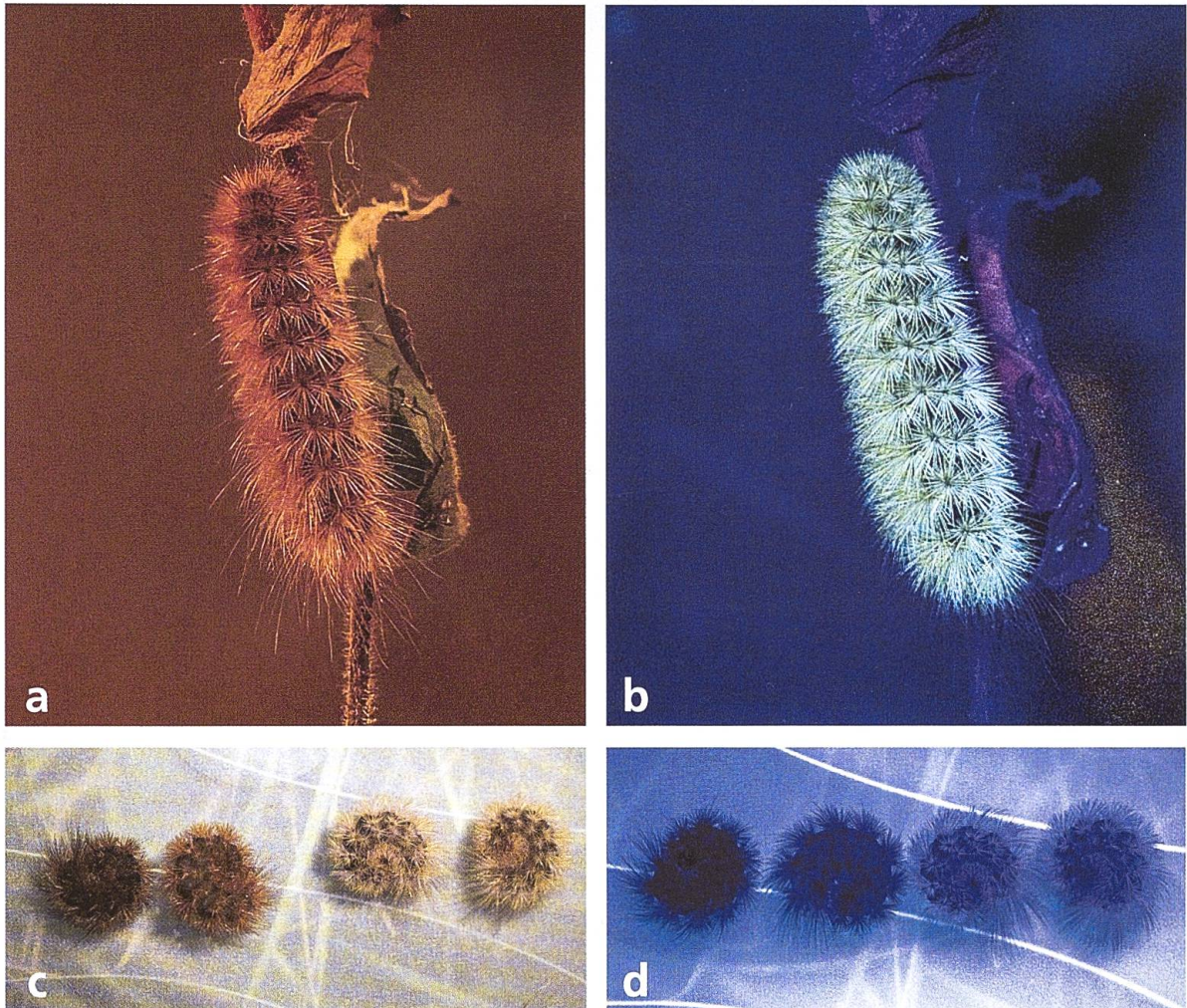


Abb. 2. Die Fähigkeit zur Fluoreszenz kann selbst innerhalb einer Art unterschiedlich stark ausgeprägt sein, wie es das Beispiel des Zimtbärs *Phragmatobia fuliginosa* (Linnaeus, 1758) zeigt. **a)** Raupe unter herkömmlichem Licht, **b)** Raupe unter UV-Licht (395 nm), **c)** Raupen in verschiedenen Färbungsvarianten unter herkömmlichem Licht, **d)** Raupen in verschiedenen Färbungsvarianten unter UV-Licht (395 nm). (Fotos Goran Dušej)

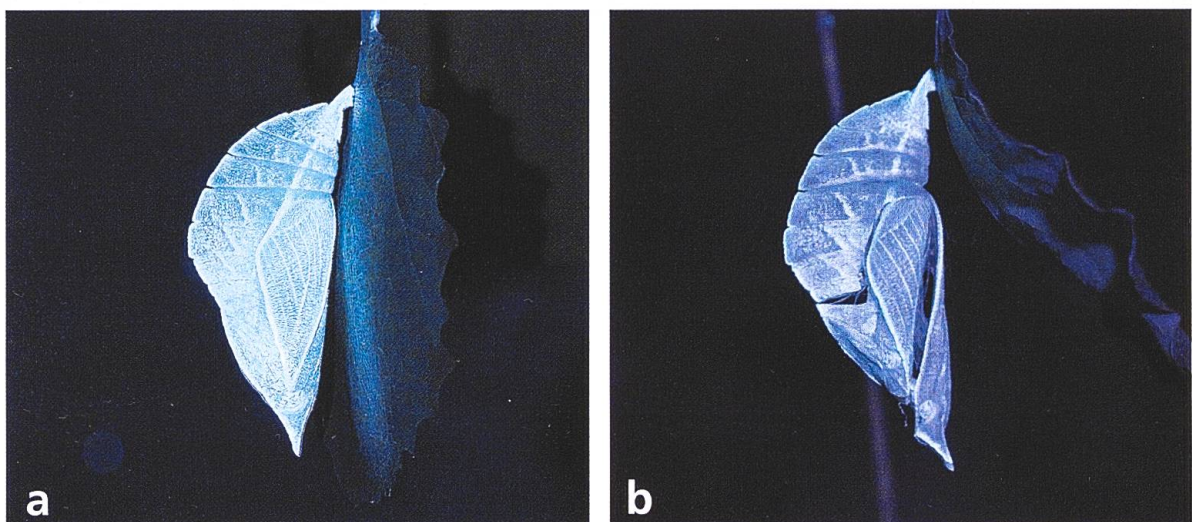


Abb. 3. Puppe des Grossen Schillerfalters *Apatura iris* unter UV-Licht (365 nm). **a)** während der Puppenruhe, **b)** leere Puppenhülle, welche selbst einige Wochen nach dem Schlupf immer noch sehr stark fluoresziert. (Fotos Goran Dušej)

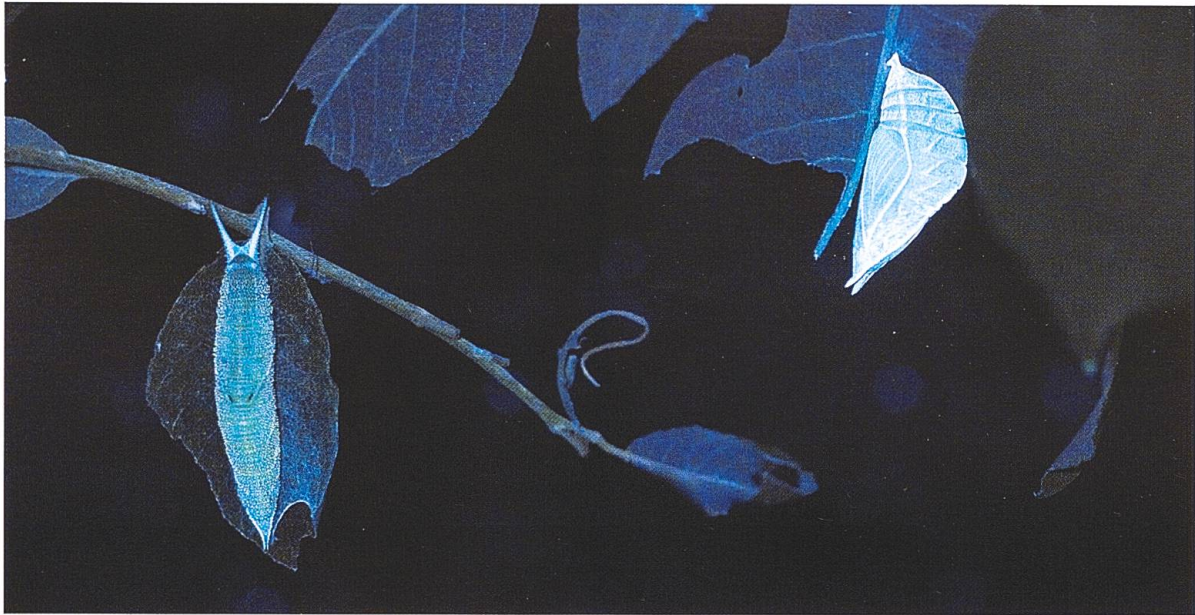


Abb. 4. Die Raupe des Grossen Schillerfalters *Apatura iris* fluoresziert zwar weniger stark als die Puppe, ist jedoch unter UV-Licht (365 nm) deutlich wahrnehmbar. (Foto Toni Kasiske)



Abb. 5. Die nächtliche Suche mittels UV-Licht bietet den Vorteil, dass fluoreszierende Puppen, Raupen oder Eier relativ einfach und auch an ansonsten unüblichen Orten gefunden werden können. **a)** Im weissen Kreis die Puppenstätte des Grossen Schillerfalters *Apatura iris* in der Krautschicht, **b)** fluoreszierende Puppe unter UV-Licht (395 nm), **c)** dieselbe Puppe aus der Nähe. (Fotos Goran Dušej)

Zum Beispiel hat sich eine Raupe von *Apatura iris* an einem Blatt des Rohr-Pfeifengrases *Molinia arundinacea* am Rand einer Waldstrasse verpuppt (Abb. 5). Eine deutliche Fluoreszenz konnten wir auch bei den Raupen des Kleinen Eisvogels *Limenitis camilla* (Linnaeus, 1764) sowie zumindest teilweise auch bei seinen Puppen feststellen (Abb. 6). Die Puppe des Grossen Eisvogels *Limenitis populi* (Linnaeus, 1758) dagegen fluoresziert nach bisherigen Erkenntnissen kaum.

Bei einigen Arten konnten wir eine starke Fluoreszenz bei Puppen, jedoch nicht bei den Raupen feststellen. Dazu gehören zum Beispiel der Kleine Fuchs *Aglais urticae* (Linnaeus, 1758) oder das Tagpfauenauge *Aglais io* (Linnaeus, 1758).

Augenfalter (Satyrinae)

Bisher konnte eine sehr gut wahrnehmbare Fluoreszenz bei einigen Arten beobachtet werden. Besonders erwähnenswert ist, dass sowohl Raupen als auch Puppen des Gelbringfalters *Lopinga achine* (Scopoli, 1763) recht deutlich fluoreszieren.

Fluoreszenz bei (erwachsenen) Raupen konnten wir beispielsweise bei folgenden Arten nachweisen: Weisser Waldportier *Brintesia circe* (Fabricius, 1775) (Abb. 7), Berghexe *Chazara briseis* (Linnaeus, 1764), Blauauge *Minois dryas* (Scopoli, 1763), Waldbrettspiel *Pararge aegeria* (Linnaeus, 1758), Waldteufel *Erebia aethiops* (Esper [1777]), Rundaugen-Mohrenfalter *Erebia medusa* ([Dennis & Schiffermüller], 1775), Milchfleck *Erebia ligea* (Linnaeus, 1758). Etwas weniger stark, jedoch immer noch deutlich sichtbar fluoreszieren die erwachsenen Raupen des Grossen Ochsenauges *Maniola jurtina* (Linnaeus, 1758), des Schornsteinfegers *Aphantopus hyperantus* (Linnaeus, 1758) sowie des Schachbretts *Melanargia galathea* (Linnaeus, 1758). Nach unserer Erfahrung ist die Fluoreszenz bei einigen *Coenonympha*-Arten, wie *C. arcania* (Linnaeus, 1761), *C. tullia* (Müller, 1764) oder *C. pamphilus* (Linnaeus, 1758) nur sehr schwach oder gar nicht vorhanden.

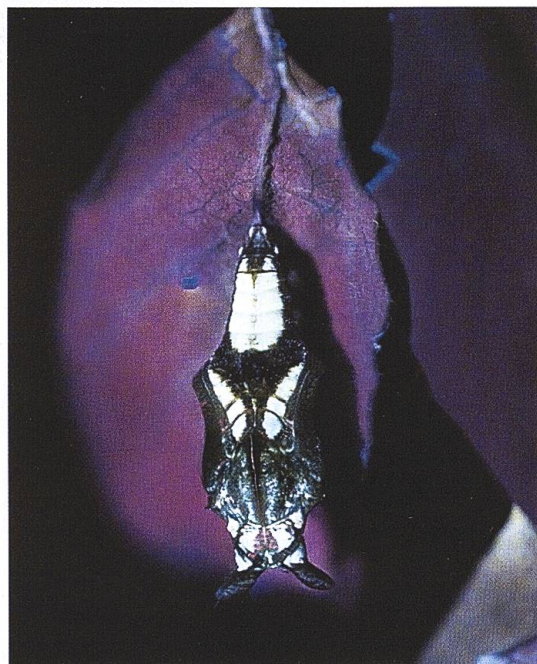


Abb. 6. Puppe des Kleinen Eisvogels *Limenitis camilla* mit einer deutlich sichtbaren Fluoreszenz in Teilbereichen (365 nm). (Foto Toni Kasiske)



Abb. 7. Erwachsene Raupe des Weissen Waldprotiers *Brintesia circe* unter UV-Licht (365 nm). (Foto Goran Dušej)



Abb. 8. Die Raupe des Ulmen-Zipfelfalters *Satyrium w-album* fluoresziert besonders stark und ist dadurch selbst aus einer Entfernung von mehreren Metern gut auffindbar (365 nm). (Foto Toni Kasiske)



Abb. 9. Der Kokon des Sechsfleck-Widderchens *Zygaena filipendulae* zeigt eine recht starke Fluoreszenz, im Gegensatz zur Exuvie. (Foto Goran Dušej)

Bläulinge (Lycaenidae)

Besonders stark fluoreszieren die Raupen verschiedener Zipfelfalter, insbesondere: Nierenfleck *Thecla betulae* (Linnaeus, 1758) (Abb. 8), Pflaumen-Zipfelfalter *Satyrium pruni* (Linnaeus, 1758), Blauer Eichen-Zipfelfalter *Favonius quercus* (Linnaeus, 1758), Brauner Eichen-Zipfelfalter *Satyrium ilicis* (Esper, [1779]), Kreuzdorn-Zipfelfalter *Satyrium spini* ([Dennis & Schiffermüller], 1775) sowie Ulmen-Zipfelfalter *Satyrium w-album* (Knoch, 1782). Die Eier derselben Arten dagegen fluoreszieren nicht oder kaum merklich unter UV-Licht.

Widderchen (Zygaenidae)

Eine ziemlich starke Fluoreszenz konnte bisher bei erwachsenen Raupen sowie bei Kokons des Sechsfleck-Widderchens *Zygaena filipendulae* (Linnaeus, 1758) festgestellt werden. Dabei konnten verschiedene Kokons nicht nur an Grashalmen entdeckt werden, sondern auch im Geäst von Sträuchern, etwa an Waldrändern. Die Kokons sind selbst nach dem Schlupf der Falter recht deutlich sichtbar (Abb. 9).

Bei den Nachtfaltern war besonders auffällig, dass praktisch alle Arten aus der Familie der Schwärmer (Sphingidae), welche wir finden konnten, recht stark fluoresziert haben, sowohl als Jung- und Altraupen, teilweise aber auch als Eier. Viele Arten waren durch ihre Grösse bereits aus einigen Metern Entfernung gut sichtbar, so etwa die Raupen des Totenkopfschwärmers *Acherontia atropos* (Linnaeus, 1758) oder des Windenschwärmers *Agrius convolvuli* (Linnaeus, 1758) (Abb. 10). Durch die sehr effiziente Suchmethode konnten die Raupen leicht an Orten und Frasspflanzen gefunden werden, an denen man sie in der Regel übersehen würde. So konnten die Raupen von *Acherontia atropos* an Bittersüßem Nachtschatten *Solanum dulcamara* und an Tollkirsche



Abb. 10. Beispiele von stark fluoreszierenden Schwärmer-Raupen. Totenkopf-Schwärmer *Acherontia atropos* (Linnaeus, 1758), **a**) unter UV-Licht, **b**) mit herkömmlicher Taschenlampe angeleuchtet. **c**, **d**) analog Aufnahmen des Windenschwärmers *Agrius convolvuli* (Linnaeus, 1758) in einem Süsskartoffel-Feld. (Fotos Goran Dušej)

Atropa belladonna, die Raupen von *Agrius convolvuli* zu Hunderten an kultivierten Süsskartoffeln *Ipomoea batatas* gefunden werden (Abb. 10).

Weitere Schwärmerarten, bei welchen wir eine starke Fluoreszenz beobachtet haben, sind: der Pappelschwärmer *Laothoe populi* (Linnaeus, 1758), der Lindenschwärmer *Mimas tiliae* (Linnaeus, 1758), das Abendpfauenauge *Smerinthus ocellata* (Linnaeus, 1758), der Skabiosenschwärmer *Hemaris tityus* (Linnaeus, 1758), der Hummelschwärmer *Hemaris fuciformis* (Linnaeus, 1758), der Nachtkerzenschwärmer *Proserpinus proserpina* (Pallas, 1771), der Fledermausschwärmer *Hyles vespertilio* (Esper, [1780]) speziell als Jungraupe und Ei, das Taubenschwänzchen *Macroglossum stellatarum* (Linnaeus, 1758), der Mittlere Weinschwärmer *Deilephila elpenor* (Linnaeus, 1758) sowie der Kleine Weinschwärmer *Deilephila porcellus* (Linnaeus, 1758).

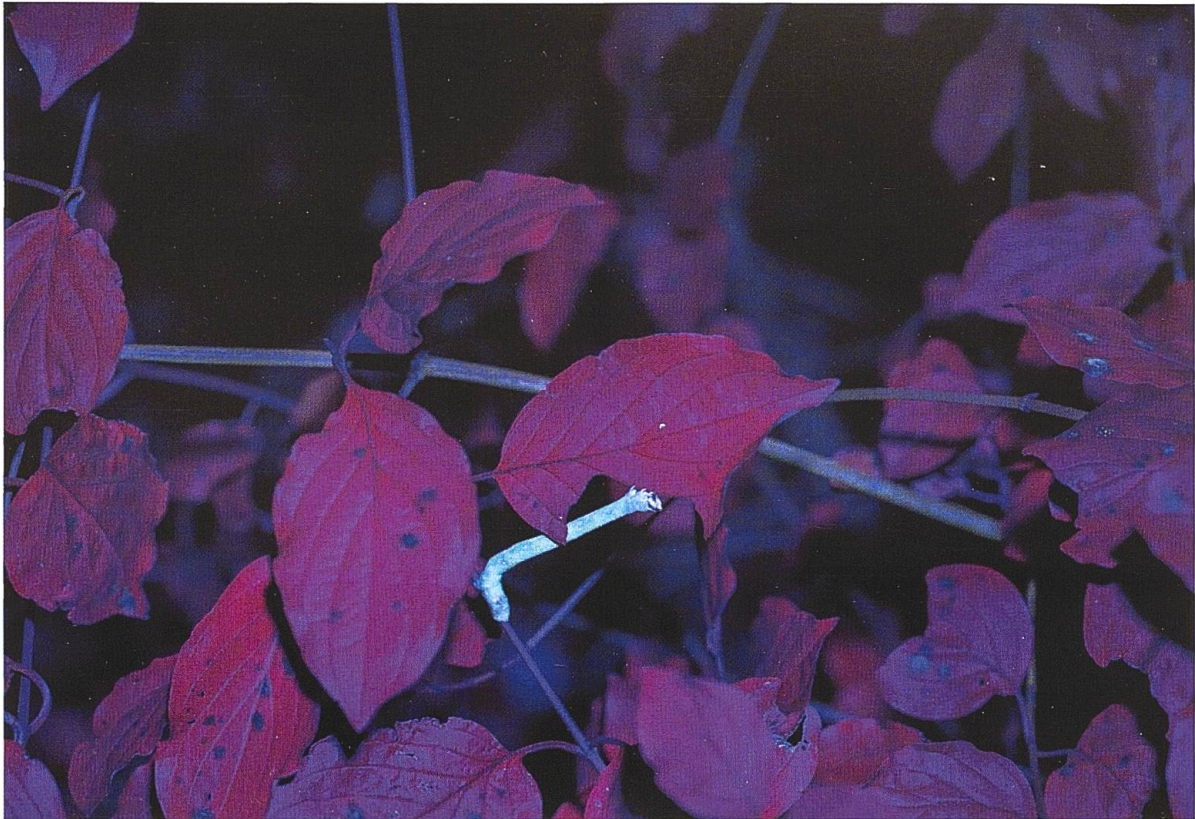


Abb. 11. Stark fluoreszierende Raupe des Birkenspanners *Biston betularia* am Hartriegel (*Cornus sanguinea*) fressend. (Foto Goran Dušej)



Abb. 12. Ausgewachsene Raupe der Hausmutter *Noctua pronuba* in krautiger Vegetation. Das Chlorophyll in den Pflanzen lässt diese rötlich fluoreszieren und erhöht den Kontrast zu der bläulich fluoreszierenden Raupe. (Foto Goran Dušej)

Bei den Spannern (Geometridae) fiel vor allem die hohe Dichte an fluoreszierenden Raupen einiger Arten in praktisch allen Lebensräumen auf. Auf die Bestimmung der Arten haben wir vor allem aus zeitlichen Gründen verzichten müssen. Als Beispiel sei hier lediglich der Birkenspanners *Biston betularia* (Linnaeus, 1758) erwähnt, dessen Raupe an sehr vielen verschiedenen Sträuchern und Ranken entdeckt werden konnte (Abb. 11).

Bei den übrigen Nachtfalterfamilien konnten wir ebenfalls einige Arten finden, welche deutlich fluoreszierten, beispielsweise der Grosse Schneckenspinner *Apoda limacodes* (Hufnagel, 1766) oder wie bereits erwähnt einige Arten aus der Unterfamilie der Bärenspinner (Arctiinae). Auch bei der sehr artenreichen Superfamilie Noctuoidea konnten wir einige Arten feststellen, welche unter UV-Licht sehr deutlich fluoreszierten. Allerdings

muss erwähnt werden, dass wegen der grossen Anzahl an Arten keine umfassenden Aussagen gemacht werden können, welche Gattungen oder Arten die Fähigkeit zur Fluoreszenz haben und welche nicht. Auffällig ist jedoch die grosse Bandbreite der Fluoreszenzstufen bei den verschiedenen Arten. Während beispielsweise Raupen der Grünen Eicheneule *Griposia aprilina* (Linnaeus, 1758) nur partiell fluoreszieren, scheinen andere Arten wie beispielsweise die Hausmutter *Noctua pronuba* (Linnaeus, 1758) zwar gleichmässig, aber speziell in älteren Larvenstadien stark zu fluoreszieren (Abb. 12). Wohingegen Raupen aus der Gruppe der Mönche (*Cucullia* sp.) nur schwach fluoreszieren, konnten wir bei getesteten Raupen aus der Gruppe der Ordensbänder (*Catocala* sp.) bisher eine Fluoreszenz nur im meist nicht sichtbaren Bauchbereich feststellen. Erwähnenswert scheint uns, dass bei einigen Gabelschwanz-Raupen, so etwa beim Grossen Gabelschwanz *Cerura vinula* (Linnaeus, 1758) oder beim Espen-Gabelschwanz *Furcula bifida* (Brahm, 1787), die Fluoreszenz recht deutlich in Erscheinung tritt.

Neben den vielen Arten deren Präimaginalstadien unter UV-Licht fluoreszierten, gab es jedoch auch sehr viele, welche nur mit herkömmlichem Licht gefunden werden konnten, resp. es keinen Vorteil gab, diese mit UV-Licht aufzuspüren. So etwa fluoreszieren zum Beispiel die Raupen verschiedener Gespinstmotten (Yponomeutidae) gegen unsere Erwartung praktisch gar nicht. Ebenso wenig gut sichtbar sind deren Gespinste unter UV-Licht.

In einem Feldversuch haben wir die Effizienz der Raupensuche mit UV-Licht etwas ausführlicher getestet. Obwohl die Ergebnisse aufgrund der kleinen Stichprobe und fehlender Replikate nicht verallgemeinert werden können und daher mit Vorsicht zu interpretieren sind, zeigen sie dennoch, wie deutlich die Unterschiede bei der Wahl der Leuchtmittel sein können. Unter UV-Licht konnten innerhalb der gegebenen Zeit (15 Minuten) wesentlich mehr Raupen gefunden werden als mit einer herkömmlichen Taschenlampe (Abb. 13). Wie aus der Tab. 1 ersichtlich ist, ist der Unterschied recht gross, nämlich 154 Raupen unter UV-Licht versus 18 Raupen mit herkömmlichem Licht. Das Ergebnis konnte als statistisch signifikant belegt werden (einfaktorielle Varianzanalyse ANOVA unter Annahme ungleicher Varianzen, t-Wert: 3.17, Freiheitsgrade: 13.31, $p=0.035$, Mittelwert (Sichtbares Licht): 3, Std. Abw. (Sichtbares Licht): 2.45, Mittelwert (UV-Licht): 12.83, Std. Abw. (UV-Licht): 10.15).

DISKUSSION

Innerhalb der letzten Jahre konnten wir zahlreiche Erfahrungen mit der Anwendung von UV-Licht sammeln und aufzeigen, dass sich die Suche von Präimaginalstadien bestimmter Schmetterlingsarten mit UV-Licht effizienter durchführen lässt als mit herkömmlichem Taschenlampenlicht. Wir evaluierten verschiedene UV-Lampen, welche zunächst eher schwach und dadurch nur in einem sehr beschränkten Umkreis einsetzbar waren (ca. 1–2 m). Auf der Suche nach stärkeren UV-Taschenlampen stiessen wir auf Produkte mit 100, resp. 120 LEDs, welche mehrheitlich im UV-Bereich von ca. 395 nm leuchteten und in Kombination mit einer UV-Schutzbrille bereits gute Resultate lieferten.

Tab. 1. Ergebnisse der Transektbegehungen.

UV-Licht (Taschenlampe, 395 nm)					
Durchgang	T1	T2	T3	T4	Summe
1	16	16	30	24	86
2	8	19	25	6	58
3	1	5	1	3	10
Summe	25	40	56	33	154

Sichtbares Licht (herkömmliche Taschenlampe)					
Durchgang	T1	T2	T3	T4	Summe
1	6	6	3	–	15
2	–	–	1	–	1
3	–	1	–	1	2
Summe	6	7	4	1	18

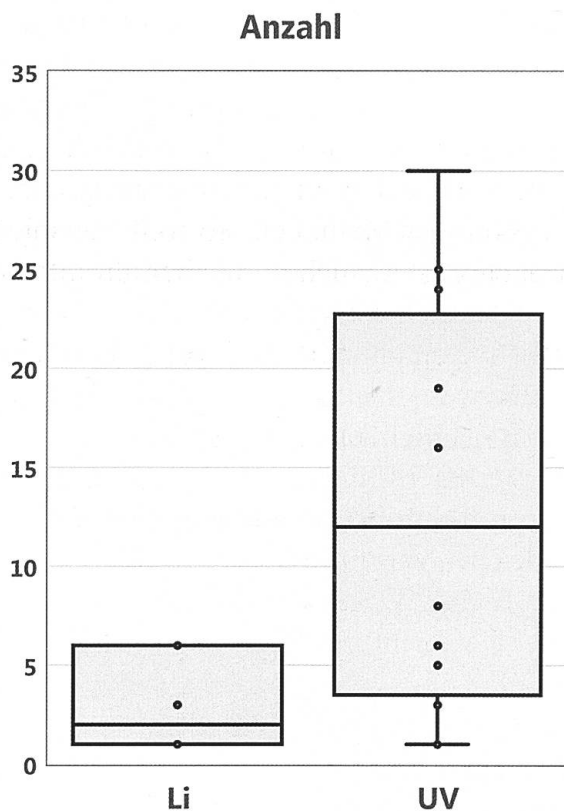


Abb. 13. Boxplot mit der Anzahl Raupen, welche unter verschiedenen Lichtquellen gefunden wurden (Li: herkömmliches Licht, UV: UV-Licht mit einer Wellenlänge im Bereich von 395 nm). Der Boxplot veranschaulicht die Messwerte (Anzahl gesichteter Raupen) durch den **Median** (mittlere Querlinie) sowie untere und obere **Quartile** (Boxen) in denen sich jeweils ein Viertel aller Beobachtungen befinden. In den mittleren beiden Boxen befinden sich 50% aller Messwerte. Die senkrechten, mit einem Querstrich begrenzten Striche (Antennen) zeigen die restlichen 50% aller Werte an.

Bei den günstigen UV-Taschenlampen waren die Qualitätsunterschiede selbst innerhalb derselben Produktion zum Teil beträchtlich. Viele der Taschenlampen hatten einen hohen Lichtanteil im sichtbaren Bereich, wodurch die Fluoreszenz weniger stark zum Vorschein trat und die Suche weniger effizient war. Zudem gingen die LEDs einiger Taschenlampen bereits nach ein paar wenigen Einsätzen kaputt oder begannen zu flackern. Erst mit der Zeit stiessen wir auf Hersteller, welche qualitativ hochwertige Produkte vertrieben und die Lampen somit auch zuverlässig eingesetzt werden konnten.

Besonders gute Resultate erzielten wir mit Taschenlampen der Marke uvBeast, welche im Bereich von 365 nm leuchten und in den USA hergestellt werden (www.uvbeast.com). Die Leuchtkraft dieser Lampen ist gross genug, um fluoreszierende Präimaginalstadien auch aus einer Entfernung von 10 bis 15 m wahrzunehmen.

Wir konnten zum ersten Mal aufzeigen, dass UV-Taschenlampen erfolgreich und effizient bei der Suche nach Puppen, Kokons und/oder Raupen von einigen seltenen, bzw. naturschutzrelevanten Arten eingesetzt werden können, von denen oft nur wenige Funde vorliegen. Die erleichterte Auffindbarkeit von fluoreszierenden Präimaginalstadien mit UV-Licht ermöglicht es, mit einem geringen Zeitaufwand weite Flächen abzusuchen und so zeitsparend Erkenntnisse über ökologische Zusammenhänge und Verbreitungsmuster bestimmter Arten zu gewinnen. Einige der bisherigen Erfahrungen haben wir an verschiedenen

Tagungen und im Internet vorgestellt (Dušej 2021, Dušej & Theobald 2023, Kasiske 2021, 2022).

Verschiedene Studien aus den USA und aus England bestätigen die Effizienz der Nachweismethode. Moskowitz (2021) konnte zum Beispiel zeigen, dass die Raupen vieler Arten mittels UV-Lampen in der Nacht signifikant besser als tagsüber gefunden werden konnten. Acht Arten (9.3 %) konnten nur am Tag, 37 Arten (43 %) jedoch nur nachts mittels UV-Licht gefunden werden. Tilley et al. (2023) setzen UV-Lampen bei der Suche nach Präimaginalstadien des Pflaumen-Zipfelfalters *Satyrrium pruni* ein und verglichen den Suchaufwand während des Tages und nachts. Sie konnten zeigen, dass bei einem zehnstündigen Suchaufwand tagsüber gerade mal eine Raupe gefunden werden konnte. Eier und Puppen wurden nicht gefunden. Die nächtliche Suche mit UV-Taschenlampen (365 und 395 nm) dagegen war mit insgesamt 46 Raupen um einiges ergiebiger. An einem Standort konnte während 6 Begehungen am Tag nur gerade mal ein Falter beobachtet werden. Bei der nächtlichen Suche mit UV-Licht hingegen wurden 22 Raupen gefunden. Tilley & Steward (2023) zeigten zudem auf, dass der Einsatz von 365 nm im Vergleich zu 395 nm bei einigen Arten wie beispielsweise dem Blauen Eichen-Zipfelfalter (*Favonius quercus*) oder dem Kleinen Feuerfalter (*Lycaena phlaeas*) die bessere Wahl ist.

Wie bereits erwähnt, lassen sich nicht alle Präimaginalstadien mit UV-Licht aufspüren, da bei Weitem nicht alle Eier, Raupen oder Puppen fluoreszieren. Will man das gesamte Artenspektrum und insbesondere nachtaktive Raupen in einem Lebensraum feststellen, empfiehlt sich der Einsatz vielfältiger Methoden. So sollte beispielsweise neben der Suche mit dem UV-Licht auch das Absuchen mit herkömmlichen Taschenlampen angewendet werden.

Weiterhin gilt es zu bedenken, dass viele Raupen tagaktiv sind und sich während der Nachtruhe in der Vegetation verkriechen. Gewisse Arten sind zudem als Imago schneller und effizienter nachzuweisen als ihre Präimaginalstadien. Ebenso lassen sich einige Arten recht einfach aufgrund ihrer Frassspuren oder Überwinterungsstadien bei Tageslicht finden, wie es zum Beispiel bei Hermann (2007) eindrücklich beschrieben ist. Die Wahl der effektivsten Erfassungsmethode sollte daher immer in Bezug auf die jeweilige Fragestellung und die zu untersuchende Artengruppe getroffen werden.

Trotz allen Einschränkungen sind wir der Überzeugung, dass die Suche mittels UV-Lampen viele neue Möglichkeiten im Auffinden von Präimaginalstadien eröffnet und ein sehr nützliches Mittel darstellt, insbesondere wenn es darum geht Präimaginalstadien von einigen Zielarten effizient, bzw. zeitsparend nachzuweisen. Sie kann unter anderem auch von wenig geübten Personen im Rahmen von Studien zur Larvalökologie, bei Kartierungsvorhaben, bei Erfolgskontrollen oder ähnlichen Fragestellungen eingesetzt werden. Einen wertvollen Einsatz sehen wir auch in der Umwelterziehung, da die nächtliche Pirsch gerade bei Jugendlichen und bei Kindern eine gänzlich andere Sichtweise auf die Natur eröffnen kann.

Dank

Wir bedanken uns bei unseren Kolleginnen und Kollegen, welche uns bei der Feldarbeit unterstützt oder begleitet haben: Rolf Kugler, Reinhold Öhrlein, Andrea Klieber-Kühne, Simone Bossart, André Ducry, Martin Albrecht, Emmanuel Wermeille, Michael Zepf sowie Gabriel Hermann.

Literatur

- Baggini A. & Pavan M. 1955. Studi sugli Scorpioni. III. — Scorpioni ed altri Chelicerati esaminati alla luce di Wood per la fluorescenza dell'epicuticola. *Italian Journal of Zoology* 22 (2): 329–340.
- Campbell I.D. & Dwek R.A. 1984. *Biological spectroscopy*. Benjamin Cummings Publishing Co., San Francisco, CA.
- Dušej G. 2021. UV und Infrarot in der Larvalökologie. https://www.schmetterlinge.ch/jcms/index.php?option=com_edocman&view=category&id=40&Itemid=154&lang=de
- Dušej G. & Theobald J. 2023. UV und Infrarot – mehr Licht für Präimaginalstadien. https://www.ufz.de/export/data/10/275403_DO_3_Dusej.pdf#search=%22simone%22
- Hermann G. 2007. Tagfalter suchen im Winter – Searching for Butterflies in Winter. Norderstedt (Books on Demand GmbH). 224 pp.
- Kasiske T. 2021. Raupensuchen mit UV-Licht. https://www.youtube.com/watch?v=dJOLE_2PIYI&list=PLTT9wQtn7ZnLXIq6kJvykH8nLZ3tuaZk&index=1
- Kasiske T. 2022. Der Nachweis des Grossen Schillerfalters (*Apatura iris*) mittels UV-Licht. https://www.youtube.com/watch?v=dJOLE_2PIYI&list=PLTT9wQtn7ZnLXIq6kJvykH8nLZ3tuaZk&index=1
- Lawrence R. F. 1954. Fluorescence in Arthropoda. *Journal of the Entomological Society of Southern Africa* 17(2): 167–170.
- Moskowitz D. 2017. Caterpillar hunting with UV flashlight. *News of The Lepidopterists' Society* 59 (1): 42–44.
- Moskowitz D. 2018. Hunting caterpillars with a UV flashlight – part 2. *News of The Lepidopterists' Society* 60 (4): 169–171.
- Moskowitz D. 2021. Foiling crypsis: Surveying Lepidoptera caterpillars with UV light. *Entomologist's Monthly Magazine* 157: 9–16.
- Moskowitz D. 2023. Testing ultraviolet light to survey caterpillars in southern Finland. *News of The Lepidopterists' Society* 65 (4): 162–167.
- Pavan M. 1954. Studi sugli Scorpioni. I. Una nuova caratteristica tipica del tegumento degli Scorpioni. *Italian Journal of Zoology* 21: 283–291.
- Stachel J.S., Stockwell S.A. & Van Vranken D.L. 1999. The fluorescence of scorpions and cataractogenesis. *Chemistry & Biology* 6(8): 531–539.
- Stahnke H.L. 1972. UV Light, A Useful Field Tool. *BioScience* Vol. 22, No. 10: 604 – 607.
- Tilley G.J. & Stewart A. 2023. Evaluation of different UV wavelengths and instar for surveying the immature stages of butterflies. Preprint. 9 pp. 10.21203/rs.3.rs-3274525/v1
- Tilley G.J., Andersson M. & Stewart A.J.A. 2023. Evaluating the use of UV photoluminescence for surveying the immature stages of rare butterflies: a case study using the Black Hairstreak (*Satyrrium pruni*). *Journal of Insect Conservation* 27: 571–575. <https://doi.org/10.1007/s10841-023-00480-0>.
- Woller D.A., Foquet B., Kilpatrick S.K., Selking R., Mazel C. & Song H. 2020. UNLOCKING THE DARK: Harnessing Blue-Light Fluorescence to Illuminate Hidden Hexapods. *American Entomologist* 66 (1): 38–47.